Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 41 (1950)

Heft: 4

Artikel: Neue Elektronenröhren

Autor: Steiger, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1061232

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Neue Elektronenröhren

Vortrag, gehalten an der 13. Hochfrequenztagung des SEV vom 20. September 1949 in Baden,

von *J. Steiger*, Küsnacht (ZH)

621.385

Der Vortrag gibt eingangs eine Übersicht über die z. Z. gebräuchlichen Röhren und deren Klassifizierung. Es werden dann die neuesten Vertreter der verschiedenen Gruppen aufgeführt, in Verbindung mit der jeweiligen Herstellungstechnik verschiedener Fabrikanten. Im letzten Teil werden Ergebnisse der neuesten Röhrenforschung in Form von fertig entwickelten Spezialröhrentypen eingehend besprochen und am Beispiel der «Gedächtnisröhre» die der Elektronik noch offenstehenden Möglichkeiten angedeutet.

L'auteur passe en revue les tubes électroniques actuels et indique leur classification. Il décrit ensuite les tubes les plus récents de chaque catégorie, ainsi que la technique de leur fabrication, qui diffère selon les fabricants. Il termine en exposant les résultats de l'étude des tubes, tels qu'ils sont appliqués à des types spéciaux récemment mis au point, et signale les possibilités offertes à l'électronique par les tubes à mémoire.

1. Allgemeines

Erst im Verlaufe der Sondierungen für diesen Vortrag habe ich festgestellt, dass es gar nicht so einfach ist, über «neue» Röhren zu berichten, da in diesem Fall die Bezeichnung «neu» nicht eindeutig ist, und zwar aus sehr verschiedenen Gründen. Einmal kann aus einer sogenannten alten Röhre ohne wesentliche Verbesserung eine neue entstehen, wenn sie in einer neuentdeckten Anwendung erscheint; anderseits gibt es viele neue Röhren für Spezialzwecke, die wohl entwicklungsmässig, nicht aber industriell als Neuheit anzusprechen sind, da sie gar nicht bis zur kommerziellen Anwendung kommen. Daraus ergibt sich, dass die Röhrenentwicklung, deren Richtung indirekt durch die Bedürfnisse des Staates für Armeegeräte, der Medizin, des Fernsehens usw. bestimmt wird, auch wesentlich von den Ergebnissen der Schaltungstechnik und nicht zuletzt auch von den eigentlichen Erfindungen abhängt.

Es muss auch unterschieden werden zwischen den eigentlichen industriellen Röhren und der Vielfalt der Typen, die im Konkurrenzkampf entstehen. Dies wird bedingt durch die Tatsache, dass die Röhre ein ausgezeichnetes Handelsobjekt ist und ihre rasch zunehmende Verbreitung eine grosse Verteilorganisation für das Ersatzgeschäft ins Leben gerufen hat. Man darf sagen, dass die Radioröhre, die für deren Existenz immer mehr zum unmittelbar wichtigen Objekt wird, diesbezüglich mit der Glühlampe verglichen werden kann. Um also im Markte bleiben zu können oder um Röhren des Konkurrenten veralten zu lassen, werden ständig neue Typen geschaffen, deren Unterschiede oft unwesentlich, aber gerade so sind, dass ein Auswechseln ohne Geräteänderung nicht mehr möglich ist. Diese Konkurrenztypen-Produktion führt zu einer Hochzüchtung der Röhren, so dass sich diese dann nicht mehr bewähren. Alle Typen der grossen Röhrenfamilie müssen laufend für den Ersatz hergestellt werden, wodurch für den Gerätebesitzer und den Fabrikanten bezüglich Erhältlichkeit und Preis grosse Risiken entstehen.

Eine Reduktion der Zahl der verschiedenen Typen und eine gewisse Normung ist deshalb von grösstem Interesse. Im Zuge der Bestrebungen zur Beschränkung der Vielzahl von Röhrentypen haben verschiedene Röhrenfabrikanten und auch die amerikanische Armee für die kommerziellen Röhren die bekannten Listen der bevorzugten Typen veröffentlicht. Diese Listen, welche im Interesse der Normung der Röhren und des Zubehörmateriales sehr empfohlen werden, wurden nach strengen Gesichtspunkten aufgestellt. Es kommt nicht nur auf die guten Eigenschaften einer Röhre an, ob sie in diese Liste aufgenommen wird, sondern ebensosehr darauf, ob sie unter günstigen Bedingungen und wirtschaftlich hergestellt werden kann. Auf der «Preferred Types List» der Radio Corporation of America (RCA) erscheint z. B. aus diesem Grunde die Röhre 6AK5 nicht; es wird an ihrer Stelle der Typ 6AG5 empfohlen (Fig. 1).

Types for Receiver Applications

RECTIFIERS and DIODE DETECTORS	CONVERTERS	AMPLIFIERS, OSCILLATORS & MIXERS						OUTPUT AMPLIFIERS	KINESCOPES
		Triodes			Pentodes				
		Single	Twin	With Diodes	Sharp Cutoff	Remote Cutoff	With Diode		
1B3-GT/8016 5U4-G 5Y3-GT *6AL5* 6W4-GT *6X4*	*1R5* *6BA7* *6BE6*	*6C4*	6J6 6SC7 6SN7-GT	*6AQ6* *6AV6* *6BF6*	*6AG5* *6AU6* 6SJ7	*6BA6* *6BJ6*	*1U5*	*3S4* *3V4*	5TP4° 7JP4 10BP4 16AP4
1 2AL5 *35W4* *117Z3*	*12BA7* *12BE6*		*12AU7* *12AX7*	*12AV6*	*12AU6*	*12BA6*		*6AQ5* 6BG6-G 6K6-GT 6L6-G 6V6-GT *35C5* *50C5*	

° Projection Type

RCA PREFERRED TUBE TYPES

FOR NEW EQUIPMENT DESIGN

Miniature Types are shown in italics

Glow-Discharge Triode	Thyratrons	Ignitrons	Rectifiers*		Regulator Types	Small Vacuum Types for Critical Applications
0A4-G	*2D21* 3D22 884 2050 5563	5550 5551 5552 5553	2X2-A 5R4-GY 816 866-A 800B	3B25 673 857-B 869-B	*0A2* *0B2* 0C3/VR105 0D3/VR150 6AS7-G *5651*	1620 5691 5692 5693 } "Special Red" Types

* For additional vacuum-type rectifiers, see listing of Types for Receiver Applications.

SEV16781

Fig. 1

Von der Radio Corporation of America (RCA) veröffentlichte Liste der «bevorzugten Röhrentypen»

2. Die Klassifikation der Röhren

Der Einteilung der Röhren muss bei dieser Betrachtung ebenfalls einige Aufmerksamkeit geschenkt werden. Die Empfänger-, Sende- und Spezialröhrengruppen werden unterteilt nach ihren elektrischen Eigenschaften und nach ihrer Bauart.

Bei den *Empfängerröhren* gibt es die in der Liste der bevorzugten Röhren nach elektrischen Eigenschaften sich unterscheidenden Hauptklassen (vgl. Fig. 1). Diese Röhren werden je nach ihrer Konstruktion weiter in Subminiatur-, Miniatur-, Metall- oder Glasröhren unterteilt. Bei den europäischen Röhren sind neben den bekannten Glas- und einigen Metallröhren zur Zeit die Rimlockminiaturröhren erwähnenswert.

Die Einteilung der *Senderöhren* geschieht elektrisch nach Verlustleistung, Eingangsleistung, Verwendungsfrequenz oder Röhrenart (Triode, Tetrode oder Pentode) und konstruktiv nach der Kühlung: natürliche Kühlung, Ventilations- oder Wasserkühlung.

Die wesentlichsten Gruppen der *Spezialröhren* sind Kathodenstrahlröhren, Photozellen, Thyratrons, Ignitrons[1]) und Röhren mit speziellen Eigenschaften.

Die hier angeführte Darstellung einer gebräuchlichen Klassifizierung der heutigen Röhren hat lediglich den Zweck, die Übersicht zu erleichtern. Es wird damit einfacher, die amerikanisch benannten Röhren zu identifizieren, da diese im Gegensatz zu der europäischen Norm mit ihrer Bezeichnung ihre Eigenschaften in den meisten Fällen nicht verraten.

3. Übersicht über neuere Röhren

Die Verteilung der Produktion auf die verschiedenen Röhrenarten hat sich zu Gunsten der neuen Röhren sehr verändert. Von den rund 60 Millionen Röhren, welche allein in der Harrison-Fabrik der RCA im Jahre 1948 hergestellt wurden, waren rund 35% Miniaturröhren und nur noch rund 25% Ganzmetallröhren bzw. 40% «G»- und «GT»-Glastypen. Die Miniaturröhre spielt im Plan der Standardisierung der Typen deshalb eine wichtige Rolle. Sie wird im wesentlichen eine Empfängerröhre bleiben.

Die ersten vier im Jahre 1939 von der RCA eingeführten Miniaturröhrentypen waren für kompakte Batterieempfänger bestimmt. Die Miniatur-Neukonstruktion ist aus der Normalröhre durch Weglassen aller unwichtigen Teile entstanden. Man kam dadurch zu einer kleinen, billigen und bezüglich Qualität und Betriebssicherheit trotzdem guten Röhre. Die praktische Erfahrung der nachfolgenden Jahre hat dann gezeigt, dass diese sich ganz allgemein für Empfangszwecke eignet, mit sogar ausserordentlich erweitertem Anwendungsgebiet. Die Folge dieser Erkenntnis war, dass man, beschleunigt durch die Kriegszeit, daran ging, vorerst Elektronenröhren für die häufigsten und einfachsten Anwendungen in der neuen Form zu entwickeln. Vor Kriegsende standen mehr als 50 Millionen solcher Röhren in nahezu allen Gebieten der Elektronik im Gebrauch. Heute, nachdem sich diese Röhren bewährt haben, stellen fast alle Empfängerröhrenfabriken Miniaturröhren her, und es werden laufend neue Typen, zum Teil für Spezialzwecke, herausgebracht.

Einige Beispiele neuer Miniaturröhren:

Raytheon 6AN5, Pentode mit 1,7 W Verlustleistung und einer mittleren Steilheit von 8 mA/V. Sie wird empfohlen als VHF-Vervielfacher [2]), HF- und ZF-Verstärker.

Tung-Sol 5687, Doppel-Triode mit 7,5 W totaler Verlustleistung und einer mittleren Steilheit von 4...11 mA/V. Diese Röhre soll der unter der Bezeichnung 6SN7 bekannten mehr oder weniger gleichwertig sein.

[1]) vgl.: Die Familie der «Tronen». Bull. SEV Bd. 39(1948), Nr. 22, S. 745...748.

[2]) VHF = Very High Frequency (Terminologie, siehe Bull. SEV Bd. 40(1949), Nr. 13, S. 423).

Hytron 1X2, Hochspannungs-Gleichrichterröhre für Anodenspannungen der Kathodenstrahlröhren mit 15 000 V Sperrspannung und etwa 1 mA Belastungsstrom.

RCA 5763, VHF-Beam Power Amplifier-Röhre mit 12 W Anodenverlustleistung und einer mittleren Steilheit von 7 mA/V bei 45 mA Anodenstrom.

Mit der RCA-Pentagrid-Konverterröhre *6BA7* wurde eine Miniaturröhre mit den Eigenschaften der 6SB7-Y-Normalröhre geschaffen. Sie ersetzt die 6SA7 in der Liste der bevorzugten Röhren, wo somit keine Mischröhre der Normalausführung mehr erscheint.

Die Aufzählung neuer amerikanischer Kleinröhren liesse sich noch weiter fortsetzen.

In Europa hat Tungsram eine den amerikanischen Miniatur-Batterieröhren entsprechende Serie mit halber Heizleistung herausgebracht und bezeichnet diese mit T, z. B. 1R5 T, 1S4 T, 1S5 T, 1T4 T, 3S4 T. Diese Röhren werden sich, falls sie sich bezüglich Lebensdauer und Konstanz bewähren, als sparsame Batterieröhren bestimmt einführen.

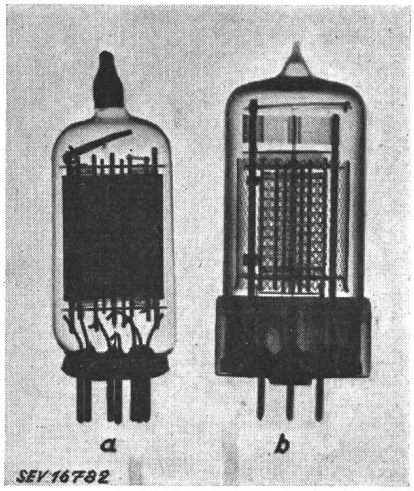

Fig. 2
Röntgenbild zum Vergleich von Bauart und Grösse einer amerikanischen Miniaturröhre (*a*) und einer Philips-Rimlockröhre (*b*)

Eine sehr bedeutende Arbeit leistete Philips auf dem Gebiete der europäischen Miniaturröhren mit den Rimlock- und Novalserien. Fig. 2 zeigt im Röntgenbild die wesentlichsten Konstruktions- und Grössenunterschiede zwischen einer Philips-Röhre und einer amerikanischen Miniaturröhre: Die Philips-Röhre besitzt ein freitragendes System ohne Abstützung am Glaskolben, aufgebaut auf den im Boden eingepressten, robusteren Stiften und hat etwas grössere Abmessungen.

Rimlock-Röhren mit erwähnenswerten Daten:

EF 40, Verstärkerröhre mit einem maximalen Verstärkungsfaktor von 220. Wird für *RC*-Verstärkung mit hochohmigem Eingang bis zu 10 MΩ empfohlen. Sie weist eine niedrige Mikrophonieempfindlichkeit auf und hat einen reduzierten Brummpegel.

EQ 80, FM-Demodulatorröhre, bewältigt die Signalbegrenzung, die Demodulation und die Niederfrequenzverstärkung mit im ganzen sieben Gittern, wovon zwei eigentliche Steuergitter sind. Der Klirrfaktor wird dabei mit 0,3...2,5%, je nach Frequenzhub, angegeben.

Eine neue, noch jüngere Röhrengruppe ist diejenige der «Sub-Miniatures». Die Entwicklung und

Produktion der ersten dieser Kleinröhren wurde von Sylvania auf Wunsch der US-Marine und gemäss den Bestimmungen des Applied Physics Laboratory der John Hopkins University, welch letztere auch mit der Prüfung beauftragt wurde, entwickelt. Die meisten der 23 bis jetzt bekannten 5...10 mm dicken und 32...55 mm langen Röhrchen haben einen Heizstrom von 150...450 mA bei einer Spannung von 6,3 V. Ein Vertreter dieser Kleinströhre ist z. B. die SN1039 A, welche mit ihren wesentlich kleineren Dimensionen der 6AK5 entspricht.

Die Raytheon Mfg. Co., welche schon früher eine Sub-Miniatur-Serie mit 1,25 V, 30 oder 50 mA Heizstrom herausgebracht hat, dehnt nun ihr Programm auf eine ganze Reihe von anderen Typen aus. Diese etwa 20 Röhren-Typen besitzen entweder eine Kathode mit innerer Heizspirale für 6,3 V und 150...200 mA, wie z. B. der Typ CR605CX, welcher auch der 6AK5 entspricht, oder aber in der Mehrzahl eine direkte Heizung mit 20...120 mA bei 1,25 V, z. B. bei der Pentode CK512AX, der Diode-Pentode CK551AX und der Triode für sehr hohe Frequenzen CK556AX. Diese Röhrchen werden zylindrisch mit einem Durchmesser von 10 mm oder auch abgeflacht auf 7 mal 10 mm ausgeführt. Sie haben einen Quetschfuss und eine Länge ohne Anschlüsse von 32...40 mm.

Es steht noch nicht fest, ob die Subminiaturröhren auch dort Fuss fassen werden, wo die Platzfrage nicht so dringend ist, und ob sie deshalb mit den normalen Empfängerröhren und den Miniaturröhren bei solchen Anwendungen konkurrieren können.

Auf dem Gebiet der normalen Empfängerröhren macht sich im übrigen eine Tendenz zur Herstellung von elektrisch besseren und mechanisch robusteren Röhren mit höherer Lebensdauer für kommerzielle Zwecke bemerkbar. Als Beispiel sei die «Rote Serie» der RCA genannt, in welcher bis jetzt die Röhren 6SL7 GT, 6SN7 GT und 6SJ7 GT unter neuer Bezeichnung mit verbesserten Eigenschaften erschienen. Die Brenndauer solcher Röhren ist länger als 10 000 h, ihre Temperatur- und Stossfestigkeit ist erheblich vergrössert. Eine andere Art von strapazierfähigen Röhren (sog. «ruggedized tubes») findet man in der W-Serie von Raytheon (z. B. 6AK5 W).

Ferner sind noch die durch die Bell-Laboratorien bekanntgegebenen Germanium-Kristalltrioden erwähnenswert. Nachdem Germaniumdioden, hauptsächlich hergestellt durch Sylvania (1N34), bereits ein grosses Anwendungsgebiet gefunden hatten, wirkte das Bekanntwerden der Transistors sensationell. Es handelt sich, wie der Name sagen soll, um Impedanzwandler (*Trans*fer Res*istor*). Sie können bei geeigneter Schaltung als Verstärker verwendet werden und lassen eine bis 100fache Verstärkung erreichen. Der Nachteil des sehr niederohmigen Einganges macht jedoch eine Verwendung in vielen Fällen einstweilen illusorisch. Seit dem Bekanntwerden vor einem Jahr sind aber bereits neue Anwendungsmöglichkeiten mit Berechnungsbeispielen veröffentlicht worden. So gibt es eine Schaltung für einen zweistufigen, direkt gekoppelten Verstärker, für einen zweipoligen Sinuswellen-Oszillator und für einen einfachen Kipposzillator. Die Transistors sind zur Zeit für experimentelle Zwecke erhältlich; allerdings sind die Preise noch sehr hoch.

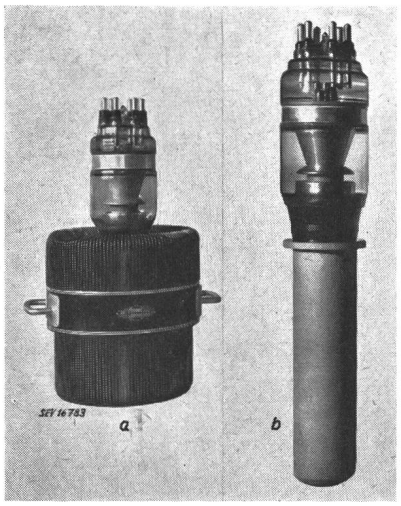

Fig. 3
Brown-Boveri-Senderöhren
a mit Luftkühlung
b mit Wasserkühlung

Auch auf dem Gebiete der *Senderöhren* neigt man z. Z. zur Normung im Interesse der Erhältlichkeit und des Preises dieser Röhren. Immerhin sind sie mehr als die vorher besprochenen Empfängerröhren von der Arbeitsfrequenz beeinflusst, d. h., dass für die Arbeit in höheren Frequenzgebieten die

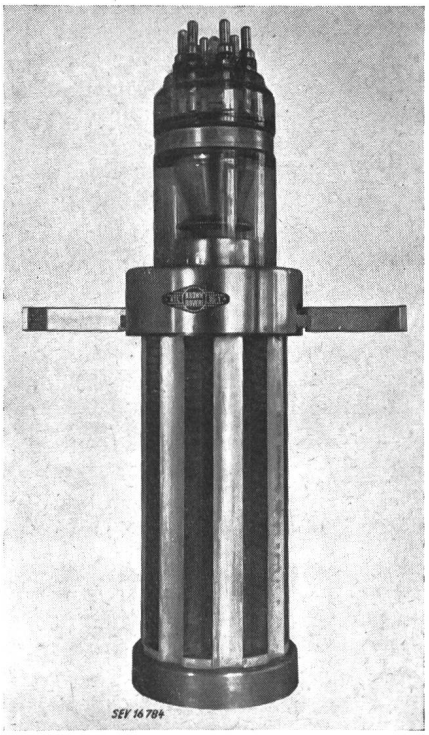

Fig. 4
Luftgekühlte Senderöhre mit Lamellenradiator

Anforderungen an die Leistungsröhren stark gesteigert werden.

Die Fabrikation von wasser- und luftgekühlten Senderöhren für Mittel- und Kurzwellenbetrieb ist in der Schweiz (A.-G. Brown, Boveri) sehr fortgeschritten (Fig. 3). Die ventiliert gekühlten Sendetrioden (*a* in Fig. 3) haben Verlustleistungen von 1...20 kW, welche durch die Kühlrippen abgeführt werden. Die wassergekühlten Senderöhren (*b* in Fig. 3) werden für Anodenverlustleistungen von 5... 50 kW gebaut.

Eine neue Kühlmethode bei luftgekühlten Senderöhren zeigt Fig. 4. Bei diesen Röhren erhielt der Radiator eine neue Gestalt; die Luft wird von unten in die pfeilförmigen Lamellenbahnen eingeblasen, so dass sie nach dem Bestreichen der Röhre bei den danebenliegenden Lamellen wieder austritt. Mit dieser neuen gelenkten Luftkühlung wurde zweifellos ein Fortschritt gemacht, der sich für die wieder an Boden gewinnende Luftkühlmethode der Senderöhren günstig auswirkt, kann doch etliches an Ventilatorleistung eingespart und damit der Gesamtwirkungsgrad verbessert werden.

Es würde zu weit führen, noch auf die Kleinsenderöhren einzugehen, obwohl es unter diesen Typen für Anwendungen speziell in Gebieten mittlerer und höherer Frequenz sich gut bewährende neue Konstruktionen gibt. Es seien nur die von Eimac herausgebrachten und heute auch von andern Fabriken (darunter Philips und RCA) übernommenen Senderöhren für höhere Frequenzen — bis etwa 200 MHz — erwähnt. Die einen Typen beruhen auf einer Kombination von Strahlungs- und Ventilationskühlung der im Verhältnis zum System relativ grossen Glaskolben (Typen 4–65A, 4–125A, 4–250A), die andern, gedrängt gebauten auf der Ventilationskühlung der aufgeschraubten Kühlrippen (Typen 4X100A, 4X150A, 4X500A).

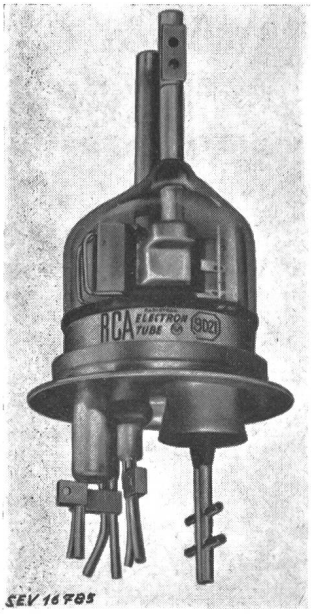

Fig. 5
6-kW-Sende-Doppeltetrode, RCA-8D21 Push-Pull-Leistungsverstärker für maximale Betriebsfrequenz von 300 MHz und maximale Anodenspannung von 6000 V

Im Bau von Leistungsröhren für sehr hohe Frezquenen wurde mit der 8D21-Röhre der RCA ein neuer Weg eingeschlagen. Dieser Typ ist eine intern neutralisierte Push-Pull-Sendetetrode mit getrennter Wasserkühlung aller Elektroden (Fig. 5). Gittermoduliert als Push-Pull-Leistungsverstärker in Fernsehbetrieb bis 300 MHz, erhält diese Röhre eine maximale Anodenspannung von 6000 V und eine maximale totale Eingangsleistung von 10 kW. Die totale Anodenverlustleistung beträgt 6 kW.

Die Röhren für Spezialzwecke werden allgemein *Spezialröhren* genannt. In diese Gruppe fallen diejenigen Nicht-Empfänger- und Nicht-Sende-Röhren, welche für den Gerätebau von der Industrie benötigt werden, und Röhren, welche für eigentliche Spezialzwecke entwickelt wurden.

Auf dem Gebiete der *Kathodenstrahlröhren* sind einige neue Oszillographenröhren bekannt geworden, darunter Zwei- und Mehrstrahlröhren, ferner die Du Mont 5RP- und 5XP-Röhren, bei welchen durch Unterteilung der Beschleunigungselektrode in mehrere Bänder eine wesentliche Verbesserung der Bilder bei sehr hoher Schreibgeschwindigkeit erreicht wird.

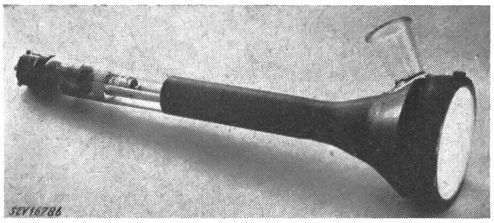

Fig. 6
Philips-Kineskop «Protelegramm» für Fernsehempfänger

Eine sehr grosse Rolle spielen natürlich die Fernseh-Bildröhren. Hier gesellte sich kürzlich die RCA 16AP4–16″-Metallkonusröhre zu der schon bekannten Familie der Kineskope mit sog. Direktsichtschirm. Der Hals und der Schirm der neuen 16″-Röhre sind aus Glas und werden auf den Metallkonus aufgeschweisst. Der Schirm dieser Röhre ist nahezu flach und hat eine nutzbare Bildfläche von fast 10 dm². Die neue Konstruktion mit der Metallumhüllung ergibt nicht nur eine nahezu 60%ige Gewichtsverminderung gegenüber der Ganz-Glasröhre, sondern äussert sich auch in einer wesentlich grösseren mechanischen Festigkeit. Für die Herstellung dieser Röhre in grossen Serien hat RCA kürzlich eine ganz neue Fabrik eingerichtet.

Als Kineskope für Bildprojektion z. B. mit Schmidt-Optik (wie bei grossen Fernsehempfängern gebräuchlich), ist das «Protelegramm» der North American Philips zu erwähnen (Fig. 6). Es ist sehr klein, handlich und soll bezüglich Auflösung, Kontrast und Schirmhelligkeit erstaunlich leistungsfähig sein.

Als Vertreter der sog. *Kameraröhren* soll die weitverbreitetste Fernsehaufnahmeröhre, das RCA-Image-Orthicon, erwähnt werden. Es vereinigt in sich verschiedene Vorteile seiner Vorgänger und besteht aus einem Bildteil, einem Abtastteil und einem 5stufigen Signalvervielfacher (Fig. 7). Seine Arbeitsweise ist kurz die folgende:

Das aufzunehmende Bild wird optisch auf die semitransparente Photokathode auf der Innenseite

der Frontseite projiziert. Mit dem Gitter Nr. 6 wird ein beschleunigendes elektrostatisches Feld erzeugt, nach dessen Durchlaufen die Elektronen, welche proportional der Bildhelligkeit die Kathode verlassen, auf den Netz-Schirm auftreffen. Dieser Elektronenstrom wird durch das elektrostatische und das zusätzlich angelegte magnetische Feld fokussiert. Beim Aufprall auf den Schirm, welcher

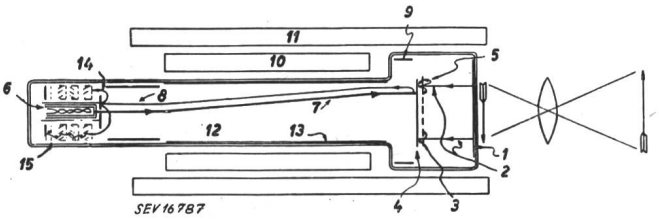

Fig. 7
Prinzipschema der RCA-Image-Orthicon-Fernsehaufnahmeröhre

1 Photokathode (—600 V)
2 Elektronenbild
3 Netzschirm (null V)
4 Doppelseitiges Netz
5 Sekundärelektroden
6 Kathode (null V)
7 Abtaststrahl
8 Umkehrstrahl
9 Verzögerungsring (null V)
10 Ablenkspule
11 Fokussierspule
12 Wand
13 Schicht (+ 180 V)
14 Sekundärelektronen des Elektronenvervielfachers
15 Ausgangsanode (+ 1500 V) des Elektronenvervielfachers

aus einer dünnen Glasscheibe mit einem in sehr kleinem Abstand angebrachten feinmaschigen Netz besteht, werden auf dem Glas Sekundärelektronen erzeugt, welche von den Maschen des Netzes aufgefangen werden, wobei auf der Bildteilseite des Glases eine positive Bildladung, entsprechend der aufgenommenen Szene, zurückbleibt. Da die Scheibe aus sehr dünnem, teilweise leitfähigem Glas besteht, wirkt die Bildladung auch auf der Seite des abtastenden Elektronenstrahles. Der elektrostatisch und magnetisch fokussierte und magnetisch abgelenkte Abtaststrahl trifft nach Durchlaufen des vom Gitter Nr. 5 erzeugten ausgleichenden Verzögerungsfeldes auf die Glasoberfläche und wird dort zurückgedreht mit Ausnahme derjenigen Elektronen, welche zur Neutralisierung der positiv geladenen Teile des Feldes sitzen bleiben. Diese Ablagerung hat eine negative Ladung auf der Abtastseite dort zur Folge, wo eine positive Ladung sich gegenüber auf der Photoseite befindet. Diese Ladungen neutralisieren sich in weniger als der Bildfolgezeit. Die zurückkehrenden Elektronen bilden einen proportional der Absorbierung amplitudenmodulierten Elektronenstrahl, welcher nun auf die erste Dynode des 5stufigen Vervielfachers auftritt. In diesem wird das Signal ungefähr 1000fach verstärkt.

Für Aussenaufnahmen mit ungünstiger Beleuchtung wird der Typ 2P23 (Fig. 8), im Studio der Typ 5655 und für allgemeine Zwecke die 5769 verwendet. Die in Fig. 8 gezeigte Kleinkameraröhre, die sog. «Mimo» (Typ 2P22), wurde für Kleinkameras zur Verwendung in Flugzeugen entwickelt.

Eine andere Neuerscheinung in der Gruppe von Kathodenstrahlröhren ist eine Bildspeicherröhre, das *Graphechon*. Sie entsprang dem Bedürfnis, Radarbilder drahtlos als Fernsehbilder übertragen zu können. Hiezu bedarf es einer Speicherröhre mit Abtastteil. Fig. 9 zeigt ein Graphechon für magnetische Ablenkung, welches einen doppelseitigen Speicherschirm verwendet. Der dünnere Teil links entspricht gewissermassen einem Kineskop, welches das Bild auf die eine Seite des in der Mitte stehen-

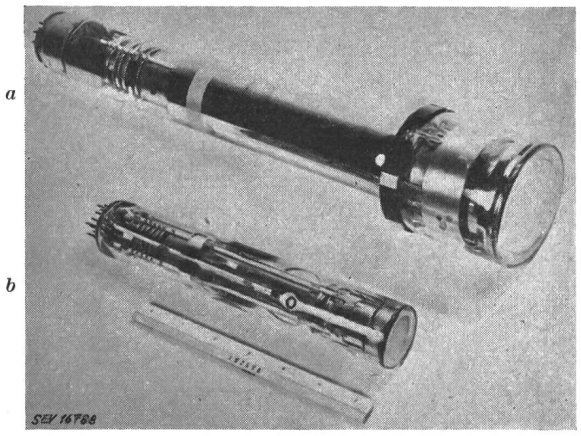

Fig. 8
Fernseh-Kameraröhren
a RCA-2P23 Image-Orthicon-Röhre
b «Mimo»-Kleinkameraröhre (RCA-2P22)

den Schirmes schreibt; der rechte Teil entspricht einem bildabtastenden Ikonoskop.

Einige gebräuchliche neue Röhren für ganz spezifische Spezialanwendungen seien kurz erwähnt:

Der *Transducer*, RCA 5734, ist ein nur 3,3 cm langes, 1,75 g schweres Röhrchen, welches eine Umsetzung von mechanischen Vibrationen in messbaren elektrischen Strom, der beobachtet und gemessen werden kann, ermöglicht. Die Bewegung wirkt auf die in einer Membrane sitzende Anode, deren Ablenkempfindlichkeit 40 V pro Grad Auslenkung beträgt.

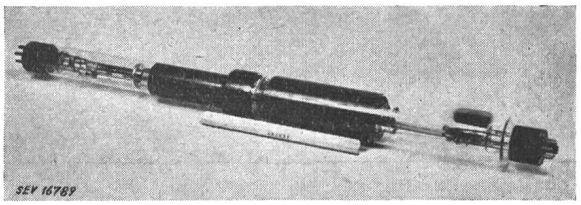

Fig. 9
Das «Graphechon», eine von der RCA entwickelte Bildspeicherröhre

Unter der Bezeichnung 5794 bringt RCA eine auf 1680 MHz abgestimmte, sehr kleine Oszillator-Triode für Radiosonden auf den Markt. Die mittlere Sendeleistung dieser Röhre beträgt 3,6 W.

Der 9stufige Multiplier 931 A mit seiner Empfindlichkeit von $10 \cdot 10^6$ μA/lm dürfte ziemlich bekannt sein. Kürzlich hat die RCA einen neuen Typ (5819) angemeldet, der neben dem Vorteil des axial einfallenden Lichtes einen ausserordentlich niedrigen Dunkelstrom von maximal 0,05 μA hat (Fig. 10).

Dieser Typ besitzt eine Beschleunigungselektrode und 10 Dynoden.

Folgt man nun der Röhrenentwicklung, d. h. den kommerziellen Typen bei steigenden Frequenzen, Bandbreiten und zuletzt Leistungen, so findet man einige Eichelröhren, verwendbar bis etwa 1200 MHz, dann die sog. «Lighthouse-Tubes», speziell die Trioden, z. B. 2C43 für Frequenzen bis zu

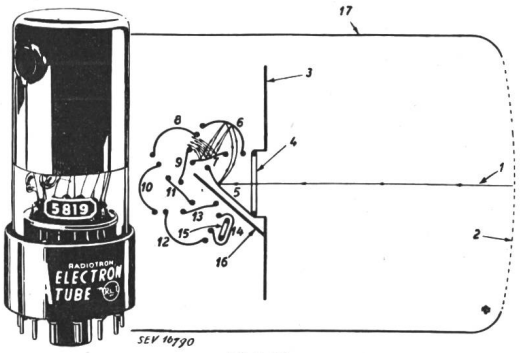

Fig. 10
Elektronenvervielfacher der RCA mit Beschleunigungselektrode

1 einfallendes Licht
2 semitransparente Photokathode
3 Beschleunigungselektrode
4 Beschleunigungsgitter
5...14 Dynoden
15 Anode
16 Schirm
17 intern aufgebrachte Abschirmschicht

3000 MHz, und kommt schliesslich zu den Klystrons. Weder Lighthouse-Röhren noch die Klystrons haben sich in letzter Zeit vermehrt und es scheint, dass man entweder neuere Typen geheim hält oder aber, was wahrscheinlicher ist, mit den gewonnenen Erfahrungen der kombinierten Elektronenstrahl-Hohlraumresonatortechnik bald zu ganz neuen Röhren gelangen wird.

Einige Beispiele aus der Entwicklung sollen angeführt werden. Es sind bereits einige *Magnetrons* von der unmittelbaren Nachkriegszeit her bekannt. Neuere, mehr oder weniger kommerzielle Ausführungen sind die von der Raytheon hergestellten Typen 4J31...4J35, welche bei Impulsbetrieb im 10-cm-Band (S-Band) 900 kW Spitzenleistung abgeben, wogegen die Typen 4J54...4J59 eine Spitzenleistung von 300 kW (Impulsbetrieb) im 4,5-cm-Band erlauben. Das Magnetron Typ 725 A ist ein Oszillator für X-Band-Frequenzen, welcher bei Impulsbetrieb 60 kW Spitzenleistung abzugeben vermag.

Alle die genannten Typen resultieren noch aus der Kriegsentwicklung. Seither wurde dieses Gebiet speziell in der Richtung von höheren Leistungen der Magnetrons im Dauerbetrieb und in jener der Moduliertechnik der von solchen Röhren erzeugten Leistung weiterbearbeitet.

Ein Beispiel sind die neu erschienenen Raytheon-Magnetrons QK 217 für 1,5 kW Dauerbetriebsleistung bei 2450 MHz und QK 174A, welch letzteres bereits 100 W Dauerleistung abgibt, bei einer Frequenzmodulation von 15 MHz um den Träger von etwa 2000 MHz.

Neuere Entwicklungen der RCA auf diesem Gebiet bestätigen diese Richtung. L. P. Smith und C. F. Shulman verwenden Elektronenstrahlen zur Frequenzmodulation von Magnetrons, eine Technik, die zur Zeit als «Spiral Beam Control»-Methode bekannt ist. Dabei werden Elektronen in die Hohlraumresonatoren des Magnetrons eingespritzt, welche sie dann in einer Spirale durchlaufen (Fig. 11). Von

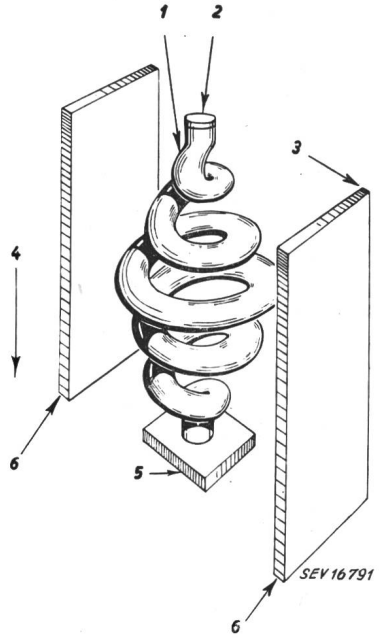

Fig. 11
«Spiral-Beam-Control»-Methode zur Frequenzmodulierung von Magnetrons

1 Elektronenstrahl
2 Kathode
3 HF-elektrisches Feld
4 magnetisches Feld
5 Kollektor
6 Seitenwände der Magnetron-Resonatoren

12 Resonatoren erhalten z. B. zwei je einen durch Gitter gesteuerten Elektronenstrahl. Damit kann bei dem Magnetron in Fig. 12 bei einer Dauerleistung von 25 W und einer Frequenz von 4000 MHz ein Frequenzhub von 2,5 MHz ohne Amplitudenmodulation erreicht werden.

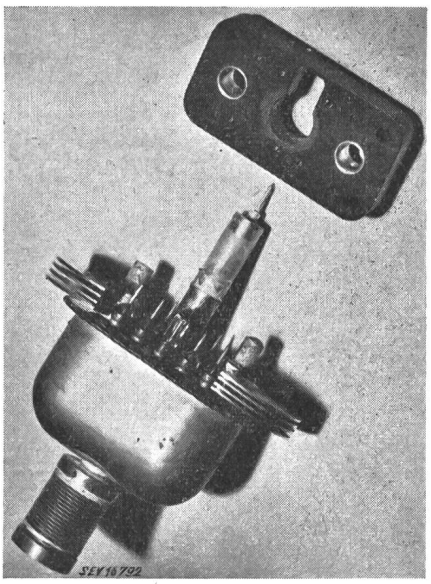

Fig. 12
25-W-Magnetron für Frequenzmodulation von 4000 MHz

Ein 1-kW-Magnetron (Fig. 13) für 900 MHz wurde mit 9 gesteuerten Elektronenstrahlen in 9 von den zwölf Hohlräumen mit einem Hub von 3,5 MHz (gesamte Frequenzabweichung 7 MHz) frequenzmoduliert. Bei 4 MHz Hub beträgt die Leistung noch 750 W. Die benötigte Modulationsleistung für ein solches Magnetron ist sehr gering, da die Gitter-Kathodenkapazität der Frequenzmodulations-Strahl-Kanonen sehr klein ist.

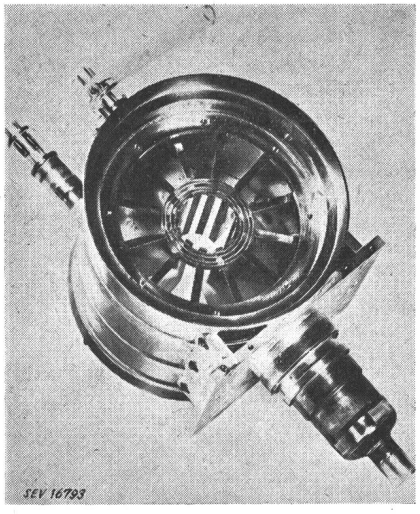

Fig. 13
1-kW-Magnetron für 900 MHz
mit 12 eingebauten Elektronenkanonen für ± 3,5 MHz Frequenzmodulation

In der neueren Röhrentechnik wird immer mehr der gebündelte Elektronenstrahl verwendet. Neue Mischröhren mit ablenkbarem Elektronenstrahl für hohe Frequenzen wurden nach diesem Prinzip entwickelt (Fig. 14). Dabei wird der scharf gebündelte Elektronenstrahl proportional der Spannungsände-

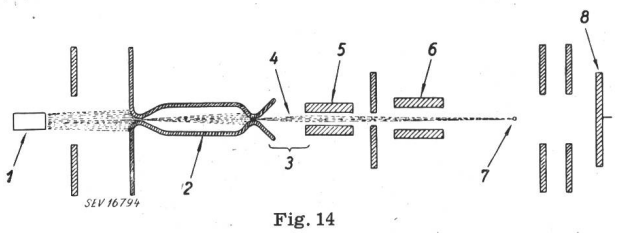

Fig. 14
Schematischer Querschnitt durch eine Mischröhre mit Doppelablenkung
1 Kathode
2 Blenden-System
3 Elektrostatische Linse
4 Elektronenstrahl
5 Signal-Ablenkplatten
6 Oszillator-Ablenkplatten
7 Abschattungsdraht von $^1/_{10}$ mm Durchmesser
8 Anode

rung an den Ablenkplatten an einer scharfen Kante abgeschattet. Praktisch geschieht die Aufteilung des Strahles nicht an einer Kante, sondern an einem Draht, wodurch der Vorgang symmetrisch wird (Doppelablenkung). Mit solchen Mischröhren können Fernsehempfänger bis zu 900 MHz hergestellt werden, welche bezüglich der Oszillatorabstrahlung, dem Signal-Rauschverhältnis und der Verstärkung wesentlich bessere Eigenschaften als die heutigen Fernsehgeräte aufweisen.

Der sog. «Electron Coupler» ist eine neue Spiralstrahlröhre für die Steuerung der Leistung und deren Modulation bei sehr hohen Frequenzen. Er wird zwischen den Leistungsgenerator und die Belastung, z. B. ein Sendeantennensystem, geschaltet (Fig. 15). Eine solche Röhre hat die Charakteristik einer nichtverstärkenden, unilateralen Steuerimpedanz. Sie besteht aus zwei benachbarten Hohlraumresonatoren und einem koppelnden Elektronen-

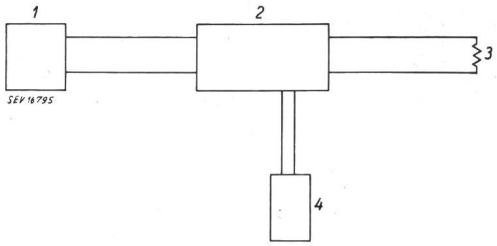

Fig. 15
Schaltschema des «Electron Couplers»
1 UHF-Leistungsgenerator
2 «Electron Coupler»
3 Belastung
4 Modulator

strahl. Die Leistung wird vom Elektronenstrahl im ersten Hohlraum in Form von Spiral- oder Rotationsenergie aufgenommen (Fig. 16). Einen fertigen experimentellen Electron Coupler, welcher eine Leistung von 1 kW bei 800 MHz bewältigen kann, zeigt Fig. 17. Man erkennt die Anschlüsse für die Kathode und jene der Speisung und der Belastung. Beide

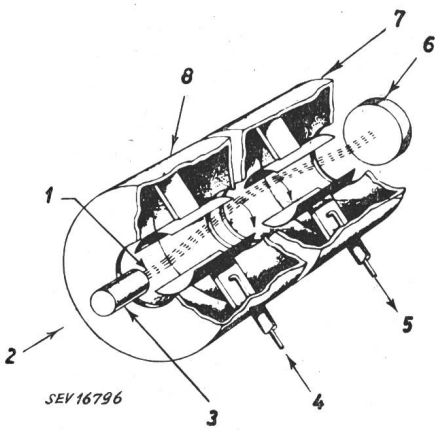

Fig. 16
Schnitt durch einen «Electron Coupler»
1 Elektronenstrahl
2 magnetisches Feld
3 Strahlkanone (Kathode)
4 Eingang
5 Ausgang
6 Kollektor
7 Ausgangs-Hohlraumresonator
8 Eingangs-Hohlraumresonator

Hohlräume besitzen Abstimmvorrichtungen. Der Strahlkollektor (die Anode) auf dem Deckel ist wassergekühlt. Die folgende Fig. 18 zeigt dieselbe Röhre mit geöffneter Eingangskavität. Die strahlerzeugende Kathode ist auf dem Bodendeckel des Eingangsresonators montiert. Von diesem erkennt man das die Kapazität bildende Plattenpaar. Die Ausgangsleistung des «Electron Couplers» kann auf zwei Arten gesteuert werden: entweder durch Änderung des Strahlstromes oder durch Änderung der Strahl-

spannung, d. h. der Laufzeit der Elektronen im Ausgangsresonator.

Fig. 19 zeigt eine noch unbekannte Röhre, das von den RCA-Laboratorien entwickelte *Selectron*, eine selektive elektrostatische Speicherröhre. Die-

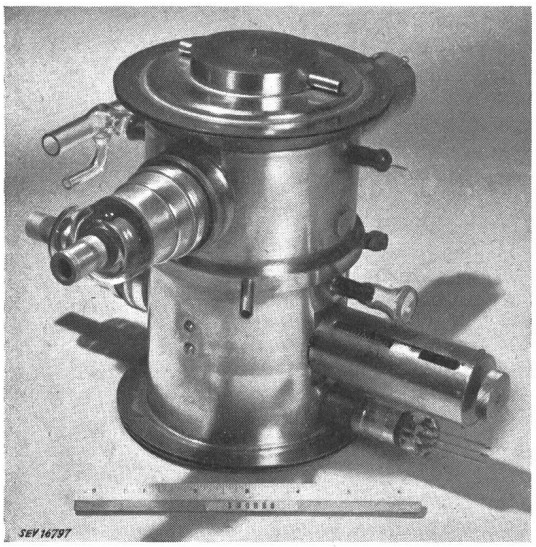

Fig. 17
1-kW-«Electron Coupler» für 800 MHz

ser Röhrentyp, SE 256, kann 256 «Ein-Aus»-Signale für unbegrenzte Zeit aufspeichern. Die Vorgänge können mit 40 Anschlüssen kontrolliert und gesteuert werden. Die gesamte Verlustleistung der 7,5 cm dicken und 17,5 cm langen Röhre beträgt 40 W. Sie kann relativ leicht hergestellt werden und es scheint, dass sie ein grosses Anwendungsgebiet

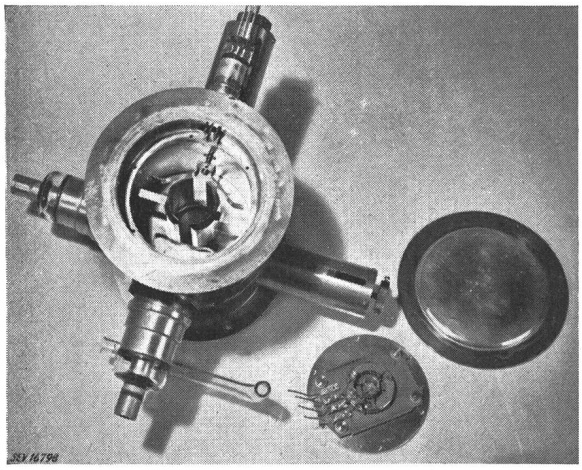

Fig. 18
«Electron Coupler» geöffnet
Die strahlerzeugende Kathode ist auf dem Bodendeckel montiert

für Rechenmaschinen hoher Geschwindigkeit und andere Nachrichtenübermittlungsmaschinen (Computers) haben wird. Das Ausleseprinzip besteht, wie Fig. 20 schematisch zeigt, in einem gekreuzten Mehrgittersystem. Die Kontrollfunktion geht mit der vierten Potenz, so dass z. B. mit 128 Anschlüssen bereits 1 049 576 Fenster kontrolliert werden können.

Ganz so einfach ist aber die Funktionsweise dieser mit Recht «elektronisches Gedächtnis» genannten Röhre doch nicht. Neben der vorher erwähnten Auslese (auch Adressierung genannt) muss der gewünschte Eintrag im Sinne von Aufschreiben oder

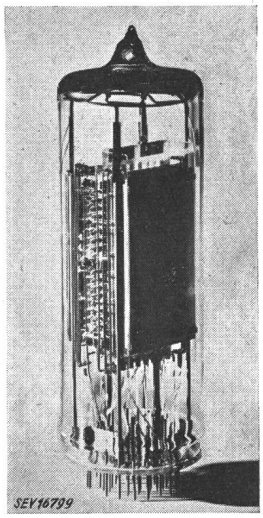

Fig. 19
SE 256 Selectron (elektrostatische Speicherröhre) der RCA-Laboratorien

das Auslöschen in jedem Element ohne Beeinflussung des übrigen Systems vor sich gehen, wobei ein beliebiges Ablesen ebenfalls jederzeit möglich sein soll. Fig. 21 hilft das Prinzip des Selectrons erklären. Es zeigt schematisch die eine, bezüglich der Kathoden-Ebene symmetrische Hälfte eines Sy-

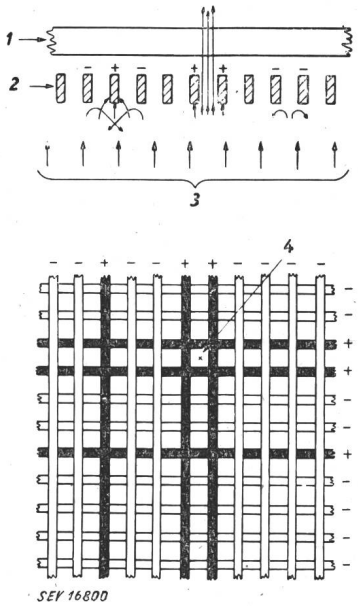

Fig. 20
Adressiersystem des Selectrons an gekreuzten Gittern
1 Auslesegitter y-Richtung
2 Auslesegitter x-Richtung
3 Elektronenstrom
4 für Elektronen nicht gesperrtes Fenster

stems, welches man sowohl senkrecht zur Bildebene wie nach rechts hin beliebig fortgesetzt annehmen kann. In der Mitte liegen, im Querschnitt sichtbar zwischen den rechteckigen, vertikalen Auslesestäben, die Kathoden, welche als Bändchen ausgebildet über die ganze Länge des Systems reichen. Im rechten Winkel dazu liegen auf beiden Seiten der Kathodenebene die horizontalen Auslesestäbe. Beim Typ 256 werden z. B. 9 vertikale Stäbe für 8 Fenster in einer Linie und 36 horizontale Stäbe (18 auf je einer Seite) für 32 Fenster in der Kolonne

verwendet, wodurch die Gesamtzahl von 256 Fenstern entsteht. Dieses Gittersystem besorgt lediglich die Adressierung. Unmittelbar benachbart liegt der sog. Kollektor, welcher mit genau über den Gitterfensterchen liegenden Löchern versehen

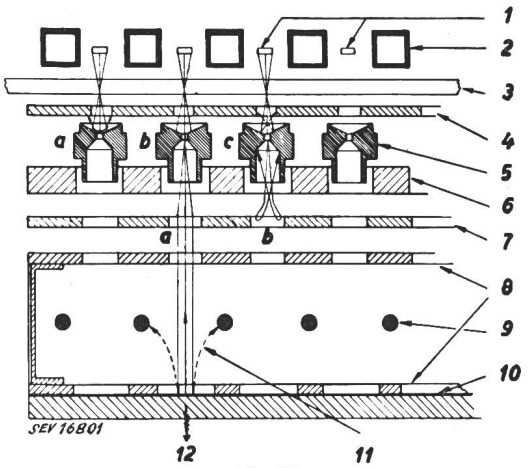

Fig. 21
Prinzip des Selectrons

1 Kathoden (null V)
2 vertikale Auslesestäbe (0 oder —250 V)
3 horizontale Auslesestäbe (0 oder —250 V)
4 Kollektoranode (+180 V)
5 Speicherösen (0 oder +180 V)
Typische Elektronenwege durch die Speicherösen bei verschiedenen Potentialen
a Speicheröse auf 0 V
b Speicheröse auf 200 V
c Speicheröse auf 200 V
6 Schreibanode (400 V)
7 Leseanode
Typische Elektronenwege durch die Leseanode bei verschiedenen Potentialen
a Leseanode auf +150 V
b Leseanode auf —150 V
8 Faraday-Käfig (+400 V)
9 Ablesedrähte (+450 V)
10 Fluoreszenzschirm
11 Sekundärelektronen, die das Ausgangssignal erzeugen
12 Kontroll-Lichtsignal

ist. Dann folgen zwei dünne, ebenso perforierte Mikascheiben, zwischen welchen die eigentlichen Kernelemente des Systems, die Speicherösen, gehalten werden. Die nächste Schicht bildet die Schreibelektrode und in kleinem Abstand liegt die Leseelektrode. Es folgt ein zentriert perforierter, ringsum geschlossener Faradaykäfig, auf welchem ein Fluoreszenzschirm angebracht ist. Er enthält im Innern sog. Lesedrähte, welche zwischen den Löchern angebracht und miteinander verbunden sind.

Im Normalzustand sind sämtliche Gitterstäbe auf demselben Potential wie die Kathoden, d. h. auf 0 V, und der Kollektor hat eine Spannung von 180 V. Es wird also durch jedes Fenster ein fokussierter Elektronenstrahl auf jede Öse auftreffen. Da die Ösen elektrisch neutral sind, wird sich ihr Potential selbst so einstellen, dass der gesamte Elektronenstrom zu ihnen genau gleich 0 wird. Es zeigt sich nun, dass es zwei natürliche stabile Punkte gibt, wo dieser Zustand erreicht wird. Betrachtet man den Strom zur Öse in Funktion ihres Potentials (Fig. 22), so erkennt man, dass bei 0 V und kleineren Spannungen kein Strom fliesst. Über 0 V steigt der negative Strom als Folge des Auftreffens von Elektronen auf die Öse. Er nimmt wieder ab, sobald ihm die durch die mit steigender Ösenspannung nun entstehenden Sekundärelektronen entgegenwirken, welche sogar ein Positivwerden des Stromes nach dem ersten Nulldurchgang bewirken. Wenn nun die Spannung der Öse derjenigen des Kollektors nahe kommt, entsteht dazwischen ein Verzögerungsfeld und als Folge davon wird nach dem zweiten Nulldurchgang der Strom wieder negativ. Der erste Nulldurchgangspunkt ist unstabil. Dagegen wird eine Öse, die irgendeinen der anderen zwei Potentialwerte besitzt, diesen unbeschränkt beibehalten, solange die Röhre eingeschaltet bleibt.

Der *Eintrag* in die Röhre erfolgt elementweise. Dabei wird überall der Strom unterbrochen ausser demjenigen zu dem bestimmten Element. Gleichzeitig wird ein Impuls der in Fig. 22 gezeigten Trapezform der Schreibelektrode zugeführt. Die kapazitive Kopplung zwischen dieser Elektrode und der Öse bewirkt, dass durch den raschen Potentialanstieg der ersten die Öse ebenfalls einen Potentialsprung nach oben macht und sich nun während der Impulszeit auf die Kollektorspannung einstellt. Da der Impulsabfall auf der Schreibelektrode flach ist, bleibt das Potential der Öse stehen. Hier wird

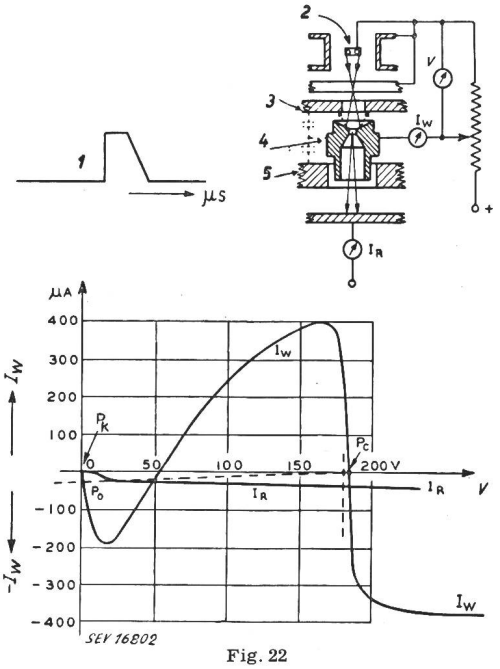

Fig. 22
Stromkurve einer Speicheröse des Selectrons

1 Schreibimpuls
2 Kathode
3 Kollektor
4 Öse
5 Schreibanode
P Kathodenpotential
P Kollektorpotential
I Schreibstrom vom Ösenkopf
I Lesestrom durch Ösenloch
V Potential der Öse bezüglich der Kathode

die Auswahl zwischen positivem und negativem Eintrag gemacht. Wenn nämlich der genannte Vorgang mit resultierender Ösenspannung von 180 V ein positiver war, so wird für den Fall eines negativen Eintrages am Auslesegitter noch während der Impulsspitze (auf der Schreibelektrode) der Elektronenstrahl gestoppt, so dass auch die flache Seite des Impulses infolge Fehlens einer Gegenwirkung die Öse wieder auf Potential 0 bringt.

Das *Ablesesignal* wird von dem durch die Ösen hindurchfliessenden Strom abgeleitet. Wenn die Öse positiv ist (auf Kollektorpotential), fliegen Elektronen infolge ihrer Trägheit durch das Ösenloch hindurch. Ist dagegen die Öse negativ, so übt sie eine Gitterfunktion aus und es treten keine Elektronen hindurch. Im Normalzustand der Röhre ist die Leseelektrode negativ vorgespannt, so dass der durch alle positiven Ösen tretende Strom nicht ohne weiteres die Anzeige-Elektrode erreichen kann. Für die Ablesung wird wiederum ein bestimmtes Element am Kreuzgitter ausgelesen und erst dann gleichzeitig ein Impuls der Leseelektrode zugeführt, so dass nun der Strom zum Ausgangskreis gelangen kann. Dieser dringt in den Faradaykäfig ein, erzeugt ein Lichtsignal auf dem Fluoreszenzschirm und gleichzeitig Sekundär-Elektronen, welche von den früher schon erwähnten Lesedrähten aufgefangen werden.

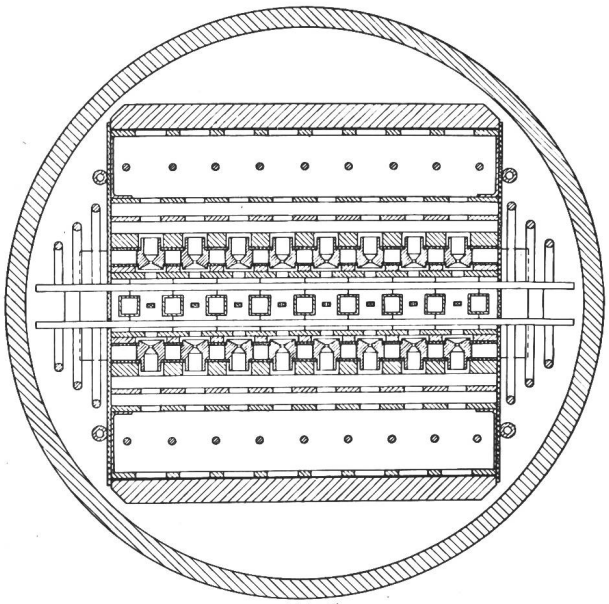

Fig. 23
Querschnitt eines Selectrons
Typ SE 256

Für den Fall des Typs SE 256 ist die Anordnung aller dieser Elektroden in Fig. 23 gezeigt. Die Operationen dieser Röhren sind sehr kurzfristig, in der Grössenordnung von Mikrosekunden. Die Speicherfähigkeit ist unbegrenzt und es können durch Impulsanlegen beliebig viele Zwischenresultate abgenommen werden.

4. Schlusswort

In vielen Laboratorien auf der ganzen Welt werden fortlaufend neue Röhren entwickelt und ausprobiert, welche dann nach ihrer Bewährung fabriziert und auf den Markt gebracht werden. Solange die Entwicklung der Elektronik und der Schaltungstechnik weitergeht, wird es immer *neue* Röhren geben. Die Radartechnik verlangt nach neuen Magnetrons, Klystrons und andern Hilfsröhren, die Fernsehtechnik zwingt zur raschen Entwicklung von Kathodenstrahlröhren für Bildaufnahme- und Wiedergabezwecke und die Mikrowellen-Übertragungstechnik benötigt Breitbandverstärker- und Leistungsröhren. Kaum lässt sich vorhersagen, wo die grösseren Fortschritte in nächster Zeit gemacht werden; sicher ist nur, dass diese sich in ausserordentlichem Schwung befindende Entwicklung noch viele nutzbare Resultate zeitigen wird.

Literatur

[1] *Schilplin, G.:* Rimlock-Wechselstromröhren. Radio Serv. Bd. 8(1948), Nr. 55/56, S. 1316...1319.
[2] RCA-Röhrenhandbuch HB-3.
[3] *Herold, E. W.:* Electron Tube. Encyclopaedia Britannica 1947.
[4] *Dorgelo, E. G.:* Gläserne Senderöhren mit hohem Wirkungsgrad bei Frequenzen um 100 MHz. Philips' techn. Rdsch. Bd. 10(1949), Nr. 9, S. 273...281.
[5] *Gier, J. de:* Ein Fernsehempfänger mit Bildprojektion, II. Die Kathodenstrahlröhre. Philips' techn. Rdsch. Bd. 10 (1948/49), Nr. 5, S. 129...136.
[6] Sende- und Gleichrichterröhren. Sonderheft der Brown Boveri Mitt". Bd. 36(1949), Nr. 9.
[7] *Webster, W. M., E. Eberhard,* u. *L. E. Barton:* Some novel circuits for three-terminal semiconductor amplifier. RCA Rev. Bd. 10(1949), Nr. 1, S. 5...16.
[8] *Cuccia, C. L.:* The electron coupler. RCA Rev. Bd. 10 (1949), Nr. 2, S. 270...303.
[9] *Herold, E. W.,* u. *C. W. Mueller:* Beam-Deflection Mixer Tubes for UHF. Electronics Bd. 22(1949), Nr. 5, S. 76...80.
[10] *Donal Jr, J. S.,* u. *R. R. Bush:* A Sprial Beam Method for the Amplitude Modulation of Magnetrons. Proc". Inst. Radio Engr". Bd. 37(1949), Nr. 4, S. 375...382.
[11] *Leverenz, H. W.:* Luminiscent Solids (Phosphors). Science Bd. 110(1949), Nr. 2826, S. 183...195.
[12] *Law, R. R.:* Electronics for Ultra High Frequency. Proc". Inst. Radio Engr". Bd. 37(1949), Nr. 3, S. 273...274.
[13] *Smith, L. P.,* u. *C. I. Shulman:* Frequency Modulation and Control by Electron Beams. Proc". Inst. Radio Engr". Bd. 35(1947), Nr. 7, S. 644...657.

Folgende Figuren wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt: von Philips A.-G., Zürich, Fig. 2 und 6, von A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden, Fig. 3 und 4, und von Radio Corporation of America, Laboratories Division, Fig. 5 und 23.

Adresse des Autors:
Johannes Steiger, dipl. Ingenieur, Erbstr. 20, Küsnacht (ZH).

Vergleich des praktischen Wirkungsgrades der in der Schweiz benützten elektrischen Kochplatten

Von *Paul Seehaus,* Schwanden

621.364.5 : 643.3 (494)

Die Vorgänge der Wärmeübertragung von der Kochplatte in das Kochgut werden in Erinnerung gerufen und erläutert, sowie durch Versuche und deren Auswertung gezeigt, wie sich die Verkrümmungen der Kochflächen bei Ring- und Vollkochplatten auswirken. Das Erkennen der Vorgänge ist unerlässlich, wenn nicht Wirkungsgradbestimmungen im Laboratorium irrtümlich der Charakter von praktischen Ergebnissen mit allgemeiner Geltung verliehen werden soll.

Après un bref rappel des principes de transmission de chaleur entre plaque de chauffe et contenu du récipient, suivi d'une discussion de résultats d'essais, l'auteur met en évidence l'influence des déformations des surfaces de cuisson dans le cas des plaques à anneaux mobiles et de plaques massives. La connaissance du processus de transmission de chaleur est de toute importance si l'on veut éviter des généralisations erronées de résultats obtenus lors d'essais en laboratoires.